

# Fermi Paradox



Демонстрация парадокса Ферми

Разработчик: Дмитрий Лашин ([lashinda@my.msu.ru](mailto:lashinda@my.msu.ru))



# ОСНОВНАЯ ИДЕЯ

Цель симуляции – показать, как огромные пространственные и временные масштабы в космосе затрудняют взаимодействие между технологически развитыми цивилизациями и оценить вероятность этого взаимодействия.

В модели создается круг, заполненный звездами (условная галактика). При этом рассматриваются только те звезды, планетные системы которых в некоторый момент времени станут пригодны для возникновения технологически развитых цивилизаций. Они появляются и отправляют сигналы в космос до тех пор, пока не исчезнут или не утратят навсегда свои технологии. Однако большинство из этих цивилизаций возникают в разные периоды времени. Даже если времена их жизни пересекаются, сигналы между ними идут дольше, чем длится технологическая эпоха. В итоге оказывается, что даже если в галактике всегда присутствует несколько сотен планетных систем, в которых рано или поздно возникнут цивилизации, вероятность обнаружения любой цивилизацией хотя бы одной из остальных оказывается крайне низкой.

Этот результат – одно из возможных решений парадокса Ферми. В космосе может существовать множество очагов разума, но большинство из них никогда не узнает об остальных.

То, что мы пока никого не нашли, не значит, что мы – единственный разумный вид в Галактике и тем более во всей Вселенной!

# ИНТЕРФЕЙС

Основные параметры симуляции

Количество благоприятных систем

500

Радиус галактики (тыс. св. лет)

400

Размер дисплея

900

Ускорение эволюции

1000

Скорость кораблей в долях от скорости света

0.5

Время генерации сигнала (тыс. лет)

3

Время существования сигнала (тыс. лет)

1000

Максимальная величина FPS

100

Временные диапазоны (тыс. лет)

Минимальное время существования звезд

6000000

Максимальное время существования звезд

100000000

Минимальный стартовый возраст первых звезд

0

Максимальный стартовый возраст первых звезд

100000000

Минимальное время появления цивилизации

4000000

Максимальное время появления цивилизации

6000000

Параметры извлечения результатов

Время начала записи данных


0

Время остановки записи данных

100000

Шаг подсчетов

1000



Итоги симуляции

Обнаружение одной цивилизации происходит раз в 1466.8547 тыс. лет

Число цивилизаций, появившихся и исчезнувших за это время: 15.3409

Средняя доля обнаружений на одну цивилизацию: 0.0652

Запустить симуляцию

Интерфейс программы отображает основные параметры, а также состояние симуляции на текущий момент. После завершения вычислений в поле «Итоги симуляции» появляется информация о частоте обнаружений и появлений цивилизаций и о том, сколько детектирований приходится в среднем на каждую из них. Если условия симуляции таковы, что обнаружения хотя бы одной цивилизации происходят редко (а нескольких – тем более), то последнее число в «Итогах симуляции» дает оценку вероятности засечь сигнал хотя бы одного вида разумных существ за все время существования цивилизации.

Все параметры можно менять. Подробнее об этом написано далее.

# НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ

Блок «**Основные параметры симуляции**» позволяет настроить то, как она будет выглядеть и работать.

Размер дисплея определяет величину окна симуляции и может быть меньше диаметра галактики. Но в любом случае вычисления проводятся для всех звезд, даже если какие-то из них не попадают в отображаемое окно.

Максимальная величина FPS позволяет уменьшить скорость работы симуляции для комфортного визуального восприятия.

Количество благоприятных систем задает число звезд в модели, а время генерации сигнала – длительность технологической эпохи для цивилизаций. Также сам испущенный сигнал исчезает по истечении времени существования сигнала. По умолчанию оно подобрано так, чтобы сигнал исчезал после выхода за границы дисплея и не требовал лишних вычислений. Но его можно еще сильнее уменьшить для имитации затухания сигнала в космосе.

Чтобы понять, насколько сложно установить контакт с обнаруженной цивилизацией, сразу после обнаружения к ней отправляется космический корабль. Его скорость задается в настройках. При успешном обнаружении увеличивается счетчик контактов в окне симуляции (см. далее).



# НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ

Ключевой параметр этой симуляции – ускорение эволюции родительских звезд и планетных систем. Оно необходимо для того, чтобы симуляция оставалась наглядной, несмотря на огромную разницу между характерными временами развития звезд и цивилизаций (в этом можно убедиться, положив его равным 1, что отключит ускорение).

Естественно, что вероятность обнаружений зависит от ускорения эволюции систем, так как последнее определяет частоту появления сигналов в галактике. Поэтому для получения оценки реальной вероятности найти внеземной разум стоит выполнить симуляцию несколько раз при разных ускорениях, проследить зависимость вероятности от них и экстраполировать эту зависимость к ускорению, равному 1. Такой подход позволяет как относительно быстро оценить вероятность обнаружения, так и обеспечить наглядность симуляции.

Блок **«Временные диапазоны»** задает диапазон времени существования звезд, временное окно, в течение которого появляется цивилизация, а также диапазон возрастов тех звезд, которые появились в симуляции изначально и должны иметь ненулевой возраст, чтобы процесс симуляции происходил однородно во времени.



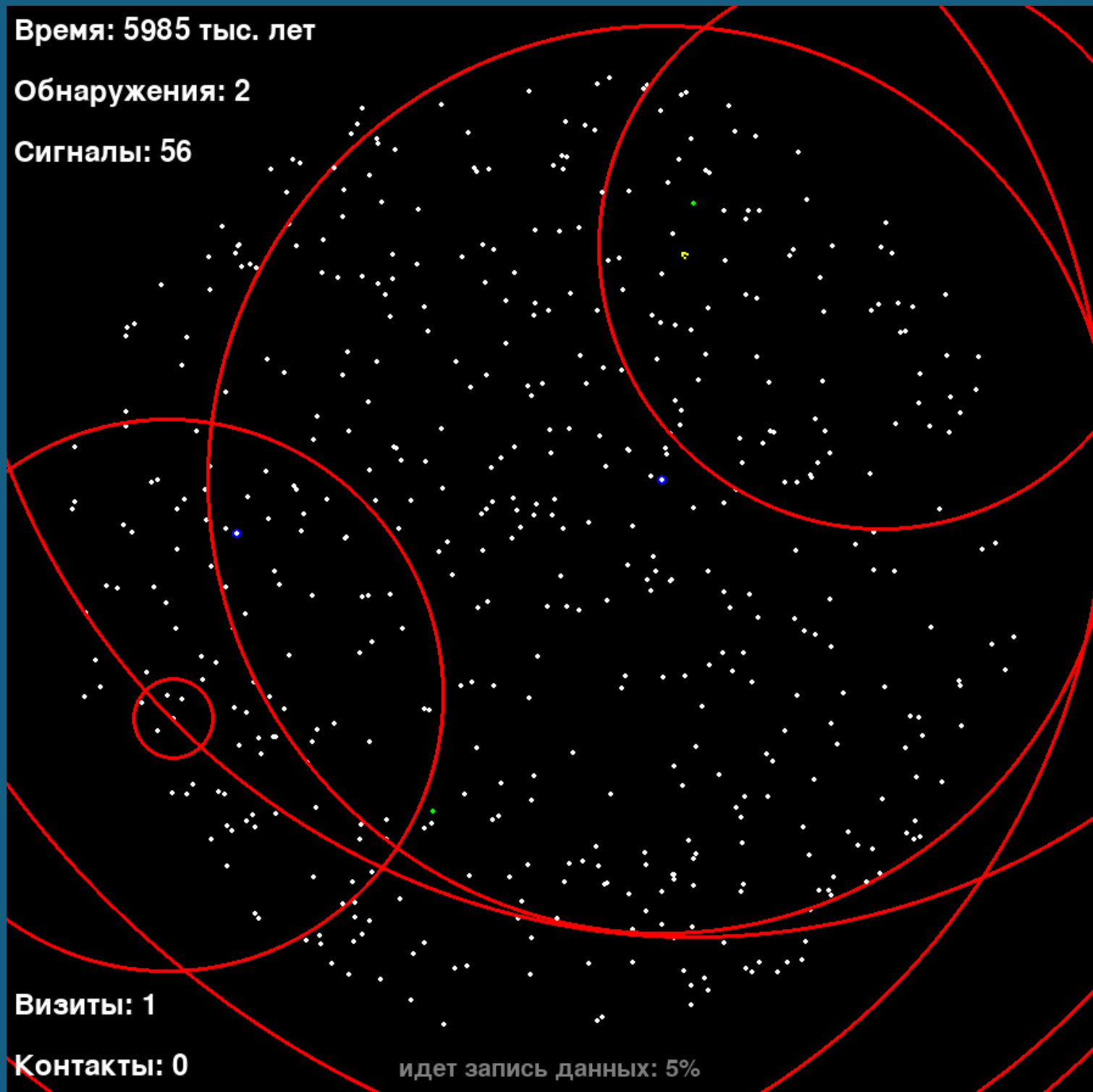
**«Параметры извлечения результатов»** определяют сколько точек из заданного диапазона времени будет использовано при анализе данных численного эксперимента

# ОКНО СИМУЛЯЦИИ

Время: 5985 тыс. лет

Обнаружения: 2

Сигналы: 56



Визиты: 1

Контакты: 0

идет запись данных: 5%

Здесь белые точки – системы, в которых нет цивилизаций, обнаруженных другими или обнаруживших других. Если цивилизация обнаружила другую – ее звезда помечается синим контуром, а звезда обнаруженной цивилизации окрашивается в зеленый цвет. Красные кольца – сигналы от цивилизаций. Их толщина в световых годах равна длительности эпохи технологий.



# ОБНАРУЖЕНИЯ И КОНТАКТЫ



Условие обнаружения цивилизации в некоторой системе следующее: сигнал от нее должен проходить через систему в тот момент, когда там длится технологическая эпоха. То есть местная цивилизация сама излучает сигнал в это время.

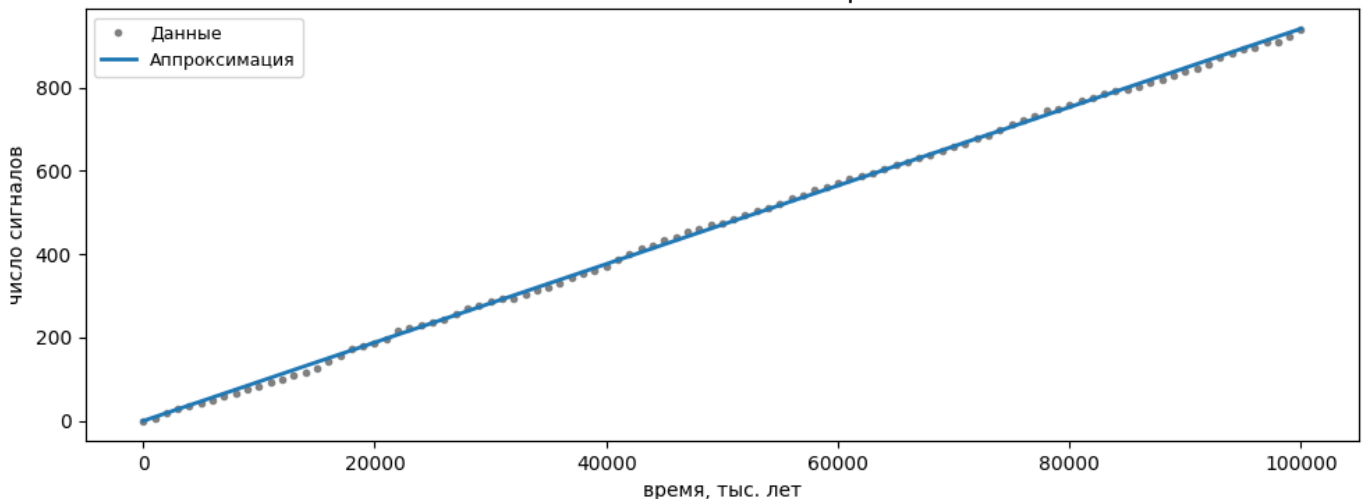
После того как разумная жизнь обнаружена, в ее систему отправляется космический корабль. Здесь корабли оформлены как глайдеры из клеточного автомата «Game of life» Джона Конвея (повернутые по направлению движения).

Если корабль успевает добраться до системы до тех пор, пока цивилизация там еще активна, происходит контакт. Но чаще случается так, что к моменту прибытия звездолета цивилизация в точке назначения уже прекратила свое существование. В этом случае происходит визит. Как правило число визитов совпадает с числом обнаружений. Но если поменять параметры так, чтобы цивилизации могли появляться у некоторых звезд ближе к концу их жизни, то станет возможной ситуация, в которой корабль прилетает в нужную точку уже после завершения этапа стабильной эволюции звезды. Тогда визит не засчитывается.

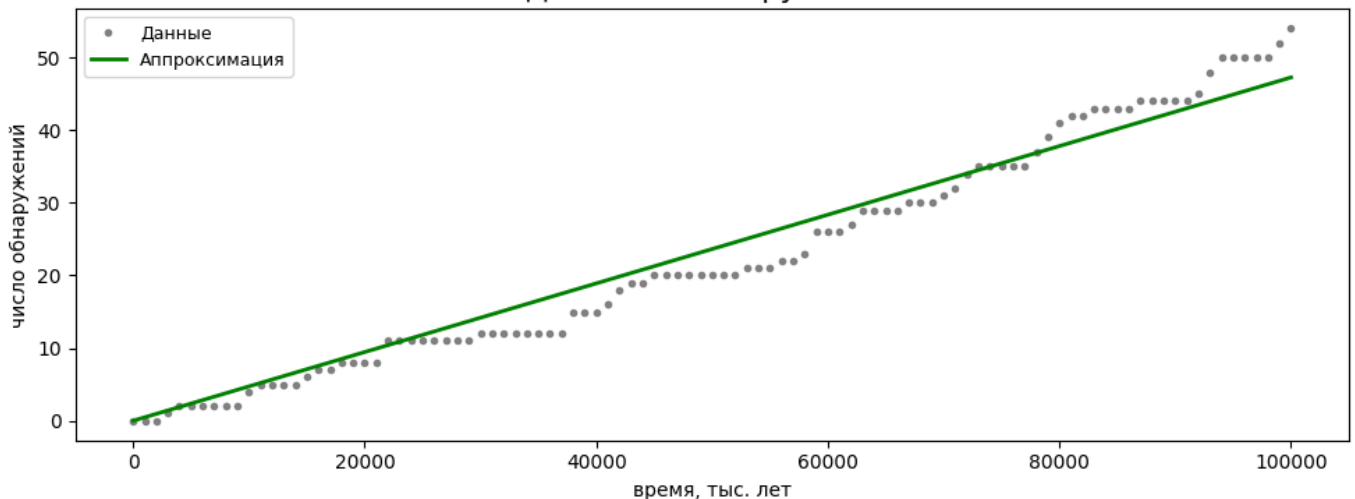
# РЕЗУЛЬТАТЫ СИМУЛЯЦИИ

С момента начала записи данных и до ее остановки программа собирает информацию о значениях счетчиков времени, числа сигналов и обнаружений с шагом, заданным в настройках. Запись останавливается либо после истечения отведенного для нее времени, либо после закрытия окна симуляции пользователем. В любом случае происходит анализ тех данных, которые успели записаться за время численного эксперимента. Результаты выполненных расчетов – графики динамики испускания сигналов и обнаружений, а также числа, отображаемые в «Итогах симуляции». Оба графика аппроксимируются прямыми, наклон которых дает среднее число сигналов и обнаружений в единицу времени, что в итоге позволяет узнать, сколько обнаружений приходится в среднем на каждую цивилизацию.

Рост числа сигналов со временем



Динамика обнаружений





# Успехов в исследовании космоса!

